动 物 学 研 究 2003, Aug. 24 (4): 265～268
Zoological Research
CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853

北京房山大足鼠耳蝠食鱼性及回声定位信号

马 杰[1,3], 张礼标[1,2], 梁 冰[1], 沈钧贤[3,5], 张树义[1,5], JONES Gareth[4]
(1. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 2. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004; 3. 中国科学院生物物理研究所视觉信息加工重点实验室, 北京 100101; 4. School of Biological Sciences, University of Bristol, Bristol BS8 1UG, UK)

摘要: 大足鼠耳蝠 (*Myotis ricketti*) 具有食鱼蝙蝠的形态特征, 但食鱼习性待考。以北京房山种群为对象, 夜间在洞口悬挂雾网, 捕获取食返洞大足鼠耳蝠共 18 只, 胃检发现 7 例全为鱼类 (宽鳍鱲, 鲫鱼和洛氏鲅), 10 例以鱼类为主, 仅 1 例全为昆虫。室内实验观察到捕鱼行为 256 次, 成功率 12.5%。如此, 该种具食鱼习性的猜测得到证实。回声定位信号属调频型, 扫频范围从 67.40 kHz 到 23.63 kHz, 主频 (38.21±1.18) kHz, 声信号时程 (2.58±0.34) ms。这些特征具有一定的物种特异性。

关键词: 大足鼠耳蝠; 食鱼性; 回声定位信号
中图分类号: Q959.833 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254－5853(2003)04－0265－04

Piscivorous Habit and Echolocation Sound of *Myotis ricketti* at Fangshan, Beijing

MA Jie[1,3], ZHANG Li-biao[1,2], LIANG Bing[1], SHEN Jun-xian[3,5], ZHANG Shu-yi[1,5], JONES Gareth[4]
(1. *Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*;
2. *College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China*;
3. *Visual Information Processing Laboratory, Institute of Biophysics, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*;
4. *School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK*)

Abstract: The big-footed bat (*Myotis ricketti*) is morphologically similar to piscivorous *M. vivesi* and *Noctilio leporinus*, but its piscivorous habit leaves a question open. Eighteen of the returning bats were captured with netting at the entrance of their living cave in Fangshan County, Beijing at night. Of 18 stomachs examined, the remains of seven were exclusively fishes (*Zacco platypus*, *Carassius auratus* and *Phoxinus lagowskii*), those of 10 were mainly fish fragments and only one was consisted of insects. In experimental observation, the rate of success in catching fish was 12.5% of 256. The findings indicate that *M. ricketti* is piscivorous. Echolocation sounds of the bat were frequency-modulated downward from 67.40 to 23.63 kHz with main energy at 38.21±1.18 kHz and short pulse duration of 2.58±0.34 ms. The echolocation sounds are somewhat species-specific.

Key words: Big-footed bat (*Myotis ricketti*); Piscivorous habit; Echolocation sound

大足鼠耳蝠 (*Myotis ricketti*) 主要分布在中国东南部 (Nowak, 1991; Zhang, 1997), 其典型形态特征是后足长, 是大多数鼠耳蝠后足长的 1.5～1.8 倍 (Thomas, 1894; Allen, 1936)。这些特征与墨西哥兔唇蝠 (*Noctilio leporinus*) 和索诺拉鼠耳蝠 (*M. vivesi*) 相似, 而后二者是典型食鱼蝙蝠 (Allen, 1936; Bloedel, 1955; Novick & Dale, 1971; Fish et al, 1991)。基于这种相似性, 自 20

收稿日期: 2003－03－06; 接受日期: 2003－04－25
基金项目: 国家自然科学基金杰出青年基金资助项目 (30025007); 国家自然科学基金资助项目 (30170250, 30270169); 国家科技部基础研究重大项目前期研究专项 (2100CCA00700); 中国科学院创新项目 (KSCX 3－IOZ－03) 和重要创新方向项目 (KSCX2－1－03)
5. 通讯作者 (Corresponding authors), Tel: 010－64888542, 010－62537132; E-mail: shenjx@sun5.ibp.ac.cn, zhangsy@a-1.net.cn

世纪30年代以来，大足鼠耳蝠一直被怀疑有食鱼习性（Allen，1936；Bloedel，1955；Novick & Dale，1971），但一直未得到证实。本文报道北京房山一个大足鼠耳蝠种群食鱼习性的研究结果。

1 方 法

1.1 野外研究地点

北京市房山区霞云岭乡四合村（115°59′N，39°43′E）海拔900～1 200 m。村周多山，植被丰富；村中有一石洞，深约1 000 m。洞口朝西，宽、高分别为11 m和1.5～2.0 m，洞内蝙蝠栖息处平均气温约15 ℃，湿度90%以上。洞北约7 km有一面积15 000 m² 左右的山间狭长水库，常年蓄水；水库常见鱼种有宽鳍鱲（*Zacco platypus*）、鲫鱼（*Carassius auratus*）、洛氏鲹（*Phoxinus lagowskii*）、鲤鱼（*Cyprinus carpio*）、鳙鱼（*Aristichthys nobilis*）和鳅科类（Cobitidae）。蝙蝠洞内有4种蝙蝠栖息：大足鼠耳蝠是优势种，数量2 000～3 000只；马铁菊头蝠（*Rhinolophus ferrumequinum*）、白腹管鼻蝠（*Murina leucogaster*）和大鼠耳蝠（*M. myotis*）数量均在百只以内。

1.2 野外工作

2002年6～11月中旬，我们每两周一次对蝙蝠洞的蝙蝠进行调查，每次2～3 d。通过傍晚在洞口悬挂雾网（mist net），捕捉出洞蝙蝠，测量记录了30只大足鼠耳蝠的体重（精确到0.1 g），以及前臂、后足、中趾和翼展长度（精确度为1 mm）。

8～10月夜间21：00～24：00在洞口悬挂雾网，捕捉刚取食归来的大足鼠耳蝠共18只，并迅速取出鲜胃置于70%酒精保存待镜检。采集蝙蝠洞和水库周围昆虫标本，作为与大足鼠耳蝠胃内容物鉴定的参照物（Zhou et al，2002）。

1.3 室内工作

1.3.1 胃容物鉴别 在解剖镜下鉴定胃容物中食物组成。鱼类鉴定到种，主要依据鱼鳞特征（Wang，1984；Chu，1935）；昆虫鉴定到目（Whitaker，1988；Zheng & Gui，1999）。统计食物中鱼类所占份额。

1.3.2 捕鱼行为观察 设施：4 m×5 m×3.5 m室内，四壁悬挂尼龙网（网孔2 mm×2 mm），离地面1 m架起水池（1.9 m×1.6 m×0.13 m），水深约10 cm，放入麦穗鱼（*Pseudorasbora parva*）（体长2～6 cm、体重1.0～2.5 g）约200尾；室温18 ℃左右，湿度约90%。

实验观察：放飞成年大足鼠耳蝠数只。借助数字式红外摄像机（Sony DCR-TRV27E）观察捕食行为，记录抓捕次数及成功次数（鱼被抓捕出水面），以及捕获鱼后的行为（Altenbach，1989）。

1.3.3 回声定位信号采集和处理 用超声波探测器（D240x，Pettersson Elektronik）在6 m×2.5 m×4 m室内接收大足鼠耳蝠飞行中发射的声脉冲，经频率变换为原始频率的1/10后，用DAT-D100录音机记录。以频率22.05 kHz采样，衰减120 dB，用Batsound软件（Version 3.10，Pettersson Elektronik）分析回声定位信号的频率、时程与声脉冲间隔，以平均值±标准差表示。

2 结 果

2.1 形态和回声定位信号

大足鼠耳蝠前臂长约55.0 mm；后足长约18.6 mm，大致为前臂长的1/3，而且后足被毛少；尾翼后缘几近股骨。

回声定位信号为频率调制（frequency modulated，FM）型，从起始频率约67.40 kHz迅速下扫到23.63 kHz，从信号中部向后扫频下降趋势稍缓；声信号主要能量(主频)集中在(38.21±1.18) kHz

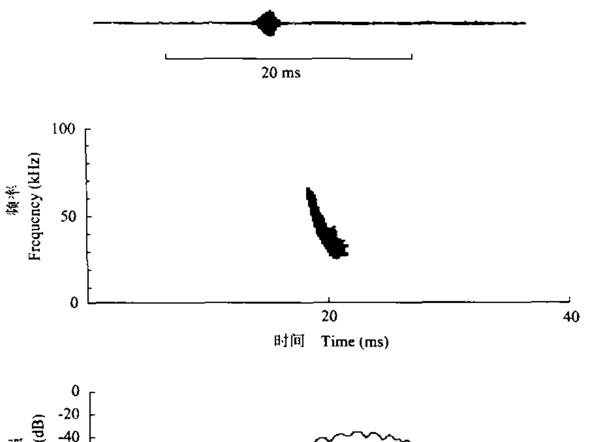


图1 大足鼠耳蝠回声定位信号波形图（上）、声谱图（中）和功率谱图（下）

Fig.1 Echolocating signal of *Myotis ricketti*: waveform (top), sonogram (center) and power spectrum (bottom)

表 1　大足鼠耳蝠形态及回声定位信号
Table 1　Morphology and echolocation signal of *Myotis ricketti*

	变量 Variable	Mean ± *SD*
形态 Morphology，*n* = 30	体重 Body mass (g)	22.0 ± 2.5
	翼展 Wing span (cm)	34.8 ± 1.3
	前臂长 Forearm length (mm)	55.0 ± 1.0
	后足长 Hind foot length (mm)	18.6 ± 1.9
	中趾长 Mid-claw length (mm)	11.5 ± 2.0
回声定位 Echolocation，*n* = 50	最大频率 Maximum frequency (kHz)	66.15 ± 1.25
	主频率 Frequency with most energy (kHz)	38.21 ± 1.18
	最小频率 Minimum frequency (kHz)	24.41 ± 0.78
	声脉冲时程 Call duration (ms)	2.58 ± 0.34
	声脉冲间隔 Inter-pulse interval (ms)	100.20 ± 2.71

范围内（图 1）。大足鼠耳蝠的声脉冲间隔变化较大，在正常飞行时发射速率 10～20 次/s，脉冲间隔为（100.20 ± 2.71）ms；每个声脉冲时程大约 2.58 ms（表 1）。

2.2　胃容物和捕鱼行为

胃容物主要由鱼类残物（如鱼鳞、鱼鳍、鱼骨和肌肉）和昆虫残物（如翅膀）组成。鱼类分别为宽鳍鱲、鲫鱼和洛氏鲹。昆虫有双翅目（Diptera）、同翅目（Homoptera）和鞘翅目（Coleoptera）。18 个受检胃中，7 例全为鱼类，10 例以鱼为主，仅 1 例全为昆虫。

室内捕鱼时靠近水面盘旋，后足频频犁开水面；一旦发现捕食目标，后足入水滑行 10～20 cm，水面犁出"V"形波纹。捕获小鱼后立即飞离水面，并栖于墙壁尼龙网上咀嚼猎物（图 2）。在捕获猎物后的飞行过程中，大足鼠耳蝠尾翼向前弯转，辅助后足将猎物传递到口。咀嚼猎物时，其前臂和后足均未辅助抓握猎物。室内观察大足鼠耳蝠捕食行为共 256 次，平均 21.3 次/h；成功将鱼抓离水面 32 次，捕食成功率 12.5%。

3　讨　论

大足鼠耳蝠是继墨西哥兔唇蝠、索诺拉鼠耳蝠之后被证实的又一种食鱼蝙蝠。北京房山地区大足鼠耳蝠偏好捕食常在水体浅层游弋的鱼类，如宽鳍鱲；而底栖种类如鲫鱼与洛氏鲹较少被捕获。昆虫在大足鼠耳蝠胃容物中占一定比例。考虑到墨西哥兔唇蝠在昆虫缺乏的干季主要捕食鱼类，而雨季以昆虫为主要食物（Brooke，1994），大足鼠耳蝠是否



图 2　大足鼠耳蝠咀嚼捕到的麦穗鱼
Fig.2　A big-footed bat chewing a *Pseudorasbora parva* just captured

能随鱼类和昆虫的可利用性（availability）季节变化调整食谱尚需进一步研究。

墨西哥兔唇蝠在捕获鱼类猎物后，后足前伸，尾翼前曲如兜，头部下弯，将猎物传递到口（Bloedel，1955；Altenbach，1989）。野外发现有些大足鼠耳蝠捕食后的尾翼腹侧粘有数枚鱼鳞；室内观察到其尾翼向前弯曲、辅助后足将猎物传递到口的行为。大足鼠耳蝠后足被毛少，可以减小后足与水面的阻力（Fish et al，1991）。大足鼠耳蝠后足发达，大致相当前臂长的 1/3；而其他鼠耳蝠相对不发达，如爪哇大足鼠耳蝠（*M . adversus*）前臂长接近 40 mm，后足长大约 10 mm（Jones & Rayner，1991）。

与在复杂生境中食虫为主的鼠耳蝠属“拖网式”(trawling)捕食蝙蝠，如水鼠耳蝠(*M. daubentonii*)(Kalko & Schnitzler, 1989)、沼鼠耳蝠(*M. dasycneme*)和长指鼠耳蝠(*M. capaccinii*)(Siemers et al, 2001)的声信号相比较，大足鼠耳蝠的回声定位信号主频率至少低 4 kHz。

推测蝙蝠接收从鱼类游动在水面产生的细小波纹，或鱼类身体露出水面部分产生的回声信号，经过神经计算确认回声中包含的信息，如目标距离、鱼运动速度和方向等，从而诱发蝙蝠迅速地捕猎行为（Wenstrup & Suther，1984）。另外，食鱼蝙蝠喜在静水或缓流水域觅食，可能是避免水流声对回声信号产生干扰（Jones & Rayner，1991）。

致谢： 本工作得到中国科学院动物研究所黄复生、张春光和李思忠先生的热心帮助；赵辉华、戴强、吴庭鹤、贾广乐、陈金平、张劲硕对本实验野外工作提供了大力支持，一并致谢！

参考文献：

Allen GM. 1936. The status of *Vespertilio piosus* Peters [J]. *Journal of Mammalogy*, **17**: 168.

Altenbach JS. 1989. Prey capture by fishing bats *Noctilio leporinus and Myotis vivesi* [J]. *Journal of Mammalogy*, **70**: 21-24.

Bloedel P. 1955. Hunting methods of fish-eating bats, particularly *Noctilio leporinus* [J]. *Journal of Mammalogy*, **36**: 90-99.

Brooke A. 1994. Diet of the fishing bat, *Noctilio leporinus* (Chiroptera: Noctilionidae) [J]. *Journal of Mammalogy*, **75**: 212-218.

Chu YT. 1935. Comparative studies on the scales and the pharyngeals and their teeth in Chinese cyprinids with particular reference to taxonomy and evolution [J]. *Biol. Bulletin of ST. John's University*, **2**: 28-159.

Fish FE, Blood BR, Clark B. 1991. Hydrodynamics of the feet of fish-catching bats: Influence of the water surface on drag and morphological design [J]. *Journal of Experimental Zoology*, **258**: 164-173.

Jones G, Rayner JMV. 1991. Flight performance, foraging tactics and echolocation in the trawling insectivorous at *Myotis adversus* (Chiroptera: Vespertilionidae) [J]. *Journal of Zoology, London*, **225**: 393-412.

Kalko EKV, Schnitzler H.-U. 1989. The echolocation and hunting behaviour of Daubenton's bat, *Myotis daubentonii* [J]. *Behavioural Ecology & Sociobiology*, **24**: 225-238.

Novick A, Dale BA. 1971. Foraging behavior in fishing bats and their insectivorous relatives [J]. *Journal of Mammalogy*, **52**: 817-818.

Nowak RM. 1991. Walker's Mammals of the World. Fifth Edition, Volume Ⅰ [M]. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 332-336.

Siemers BM, Stilz P, Schnitzler H.-U. 2001. The acoustic advantage of hunting at low heights above water: Behavioural experiments on the European 'trawling' bats *Myotis capaccinii*, *M. dasycneme* and *M. daubentonii* [J]. *Journal of Experimental Biology*, **204**: 3843-3854.

Thomas O. 1894. Description of a new species of *Vespertilio* from China [J]. *Annual Magazine of Natural History*, **6**: 20-21.

Wang HY. 1984. Fishes of Beijing [M]. Beijing: Beijing Press. 11-45. [王鸿媛. 1984. 北京鱼类志. 北京: 北京出版社. 11-45.]

Whitaker JO Jr. 1988. Food habits analysis of insectivorous bats [A]. In: Kunz TH. Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats [M]. Wahsington DC: Smithsonian Institution Press. 171-189.

Wenstrup JJ, Suthers RA. 1984. Echolocation of moving targets by the fish-catching bat, *Noctilio leporinus* [J]. *Journal of Comparative Physiology*, **A155**: 75-89.

Zhang YZ. 1997. Distribution of Mammalian Species in China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 42. [张荣祖. 1997. 中国哺乳动物分布. 北京: 中国林业出版社. 42.]

Zheng LY, Gui H. 1999. Insect Classification Ⅰ, Ⅱ [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Press. 392-756. [郑乐怡, 归鸿. 1999. 昆虫分类（上、下册）. 南京: 南京师范大学出版社. 392-756.]

Zhou J, Xie JH, Dai Q, Zeng YJ, Liu JX, Zhang WG, Zhang SY. 2002. Feeding behavioral strategies of *Rhinolophus pearsoni* in summer [J]. *Zool. Res.*, **23**: 120-128. [周 江, 谢家骅, 戴 强, 曾亚军, 刘建昕, 张文刚, 张树义. 2002. 皮氏菊头蝠夏季的捕食行为对策. 动物学研究, **23**: 120-128.]